



DRÆNDYBDENS BETYDNING FOR EFFEKTEN AF KVÆLSTOFTILFØRSEL PÅ UDBYTTE OG KVÆLSTOFOPTAG

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Væsentlige observationer fra målinger af vandspejlsdynamik, samt opnåede resultater ang. effekten af forskellige niveauer af kvælstoftilførsel på kerneudbyttet og kvælstofudbyttet i kerner i dyrkningsforsøg med høj (95-120) og lav (60-65 cm) drændybde.

I 2012-2017 er drændybden betydning for udbytte og kvælstofoptag i hhv. vårbyg og vinterhvede blevet undersøgt på en drænet JB 7 jord i Tokkerup (Faxe) på Sydøstsjælland. [Link til artikel med 6 års resultater.](#)

FORMÅL

Formålet med denne artikel er at uddrage de væsentligste observationer fra de omfattende målinger af forsøgsplottenes vandspejlsdynamik udført i ovennævnte forsøg, samt at opsummere de opnåede resultater angående effekten af forskellige niveauer af kvælstoftilførsel på kerneudbyttet og kvælstofudbyttet i kerner som funktion af høj (95-120 cm) og lav (60-65 cm) drændybde.

FORSØGSOPSÆTNING OG AREAL

Forsøgsarealet er 3,8 ha og ligger uden for Tokkerup, ca. 5 km nord for Faxe på Sjælland. Jordtypen er JB 7. Sædskiftet på arealet har i perioden 2012-2017 bestået af vårbyg og vinterhvede.

Parcellerne er placeret ved forskellige drændybder og efter EM38 kort med henblik på at opnå

størst variation i afvandingstilstand og minimeret jordbundsvariation. Hovedparten af resultaterne præsenteres separat for plots med drændybde på 60-65 cm og med drændybde på 95-120 cm.

Dyrkningsforsøgene blev alle år, undtagen 2012, gennemført med tildeling af 3 forskellige niveauer af kvælstoftilførsel (Se Tabel 1) med det formål at belyse drændybdens indflydelse på kvælstofoptag og kerneudbytte.

Tabel 1. Oversigt sædskifte

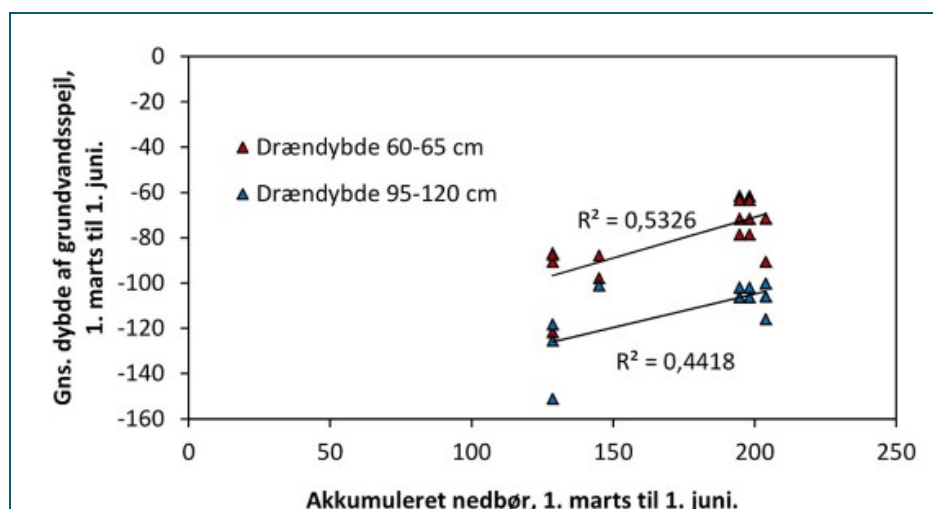
	2012	2012/2013	2013/2014	2015	2015/2016	2016/2017
Afgrøde	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede
Kvælstof-tilførselKg N/ha	104(1N)	17174 (1N)254	0174 (1N)253	070140(1N)	090180 (1N)	090180 (1N)

MÅLINGER AF VANDSPEJLSDYBDE

I forsøgsserien med dyrkning af vårbyg og vinterhvede har der været kontinuerte målinger (hvert 10. el. 15. minut) af vandspejlsdybden i forsøgsplottene. Overordnet observeret havde plots med en drændybde på 60-65 cm generelt et højere grundvandsspejl fra efteråret, henover vinteren og ind i foråret, sammenlignet med plots med en drændybde på 95-120 cm. Grundvandsspejlet lå henover vinteren de fleste år tæt på, 0-10 cm under, jordoverfladen i plots med en drændybde på 60-65 cm. Grundvandsspejlet faldt i alle plots i løbet af foråret og lå dybt, >150 cm, hen over sommeren og den første del af efteråret.

NEDBØR OG GRUNDVANDSSPEJL

Af Figur 1 fremgår det, at der i resultaterne fra alle år blev fundet generel positiv sammenhæng mellem den akkumulerede nedbør (1. marts til 1. juni) og den gennemsnitlige dybde af vandspejlet over samme periode. Den negative effekt af lav drændybde kan således i et omfang tænkes at afhænge af det enkelte års nedbørsmængde.



Figur 1. Gennemsnitlig grundvandsspejlsdybde beregnet for perioden 1. marts - 1. juni som funktion af den akkumulerede nedbør over samme periode for plots grupperet efter lav (60-65 cm) og høj (95-120 cm) drændybde.

UDBYTTE VS. GRUNDTVANDSSPEJL

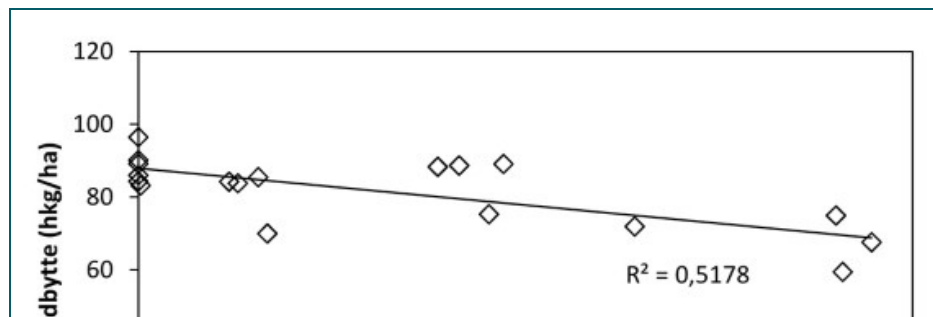
Når en afgrødes rodzone mættes med vand (vandspejlet stiger), vil ilten under vandspejlet forsvinde, pga. rødders, dyrs og mikroorganismers iltforbrug, og der opstår en stresssituation for afgrøden, pga. røddernes behov for ilt. Stresssituationen kan potentielt betyde nedsat vækst og i sidste ende tab af udbytte. Hvorvidt en vandmætning af rodzonen resulterer i nedsat vækst afhænger af en lang række faktorer, som eks. temperatur, jordtype, afgrødens vækststadiet og jordens indhold af organisk materiale, men vigtigst kan varigheden og omfanget (dybden af grundvandsspejlet) af rodzonens vandmætning forventes at være (Setter og Waters 2003). Varigheden og omfanget kan samlet omtales som *intensiteten* af vandmætningen. Intensiteten kan kvantificeres ved udregning af Sum of Exces Water (SEW), som bestemmes med udgangspunkt i en dybde af grundvandsspejlet, hvorover man antager, at vandmætning er kritisk for afgrøden. Her i undersøgelsen er der for vinterhvede taget udgangspunkt i en grundvandsspejlsdybde på -50 cm (SEW50), da vinterhvedes roddybde kan forventes at være op mod 50 cm henover vinteren og ved start af forårets vækst (Thorup-Kristensen et al. 2009). Perioden, som intensiteten af vandmætning integreres over, burde være hele vinterhvedens vækstperiode, da selv vandmætningsepisoder i efteråret kan tænkes at have en effekt på udbyttet. På grund af manglende data fra grundvandsspejlsmålingerne i enkelte plots til forskellige tider er der her, ud fra et kriterie om at maksimere antallet af datapunkter, valgt at integrere over perioden fra 1. februar og indtil høst, således at forårets vækstperiode er dækket.

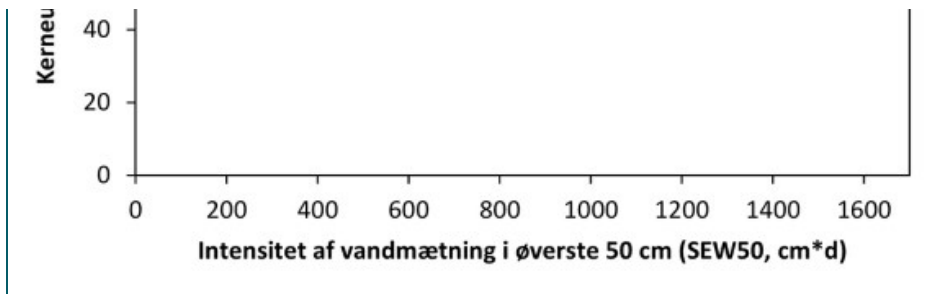
Beregningseksempler, SEW50:

Vandspejlsdybde: -25 cm, varighed: 1 dag = $(-50 \text{ cm} - (-25 \text{ cm})) \times 1 \text{ dag} = 25 \text{ cm} \times \text{d}$

Vandspejlsdybde: -40 cm, varighed: 4 dage = $(-50 \text{ cm} - (-40 \text{ cm})) \times 4 \text{ dage} = 40 \text{ cm} \times \text{d}$

I Figur 2 herunder ses, at der her i undersøgelsen tilsyneladende var en negativ sammenhæng mellem intensiteten (SEW50) af vandmætningen i de øverste 50 cm under terræn (beregnet fra 1. februar og frem) og kerneudbyttet af vinterhvede ved kvælstoftilførsel efter norm.



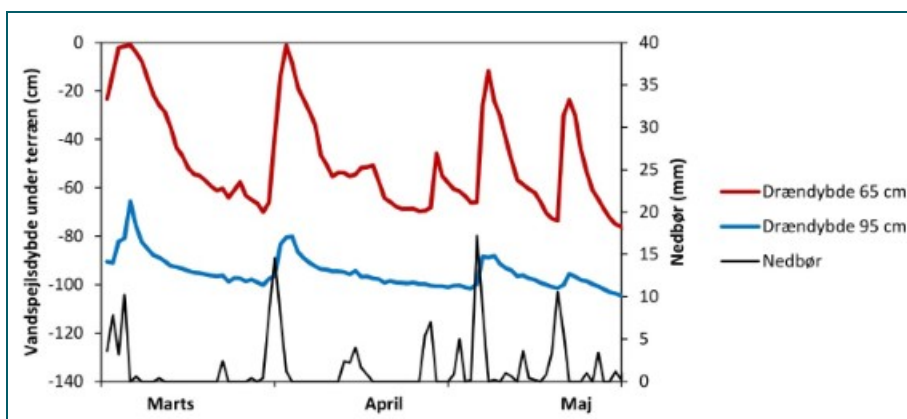


Figur 2. Kerneudbyttet af vinterhvede ved kvælstoftilførsel efter norm i alle plots i 2012/2013, 2013/2014, 2015/2016 og 2016/2017, som funktion af intensiteten (SEW50) af vandspejlets placering over 50 cm under terræn i perioden fra 1. februar til høst.

Der findes i litteraturen en række eksempler på, at en afgrødes udbytte falder med stigende intensitet af vandmætningsepisoder i rodzonen (ofte beregnet som SEW30), og der gives forskellige bud på dels en kritisk vandspejlsdybde og dels på en kritisk varighed for forskellige afgrøder. Generelt antages det, at en oversvømmelse af rodzonen helt til vandoverfladen på 3-7 dage (SEW30 = 90-210 cm x d, SEW50 = 150-350) vil give en vækstreduktion i kornafgrøder (Setter og Waters 2003).

VANDSPEJLSDYNAMIK VED NEDBØR

Som eksemplificeret i Figur 3 viste vandspejlsmålingerne ligeledes, at dynamikken af grundvandspejlet i forbindelse med nedbør - og deraf følgende stigende vandspejl - var markant forskellig ved høj og lav drændybde. Ved lav drændybde steg vandspejlet relativt mere ved nedbør. Dette kunne enten skyldes et mindre jordvolumen over vandspejlet at fordele nedbøren i ved lav drændybde eller en større hydraulisk ledningsevne i plots med høj drændybde, således at vandet i disse plots ledes hurtigere væk - eller en kombination af de to. Det vil sige, at forskellen mellem lav og høj drændybde ikke bare er det gennemsnitligt højere vandspejl ved lav drændybde, men også en markant øgning af intensiteten af de stresssituationer, afgrøden oplever pga. oversvømmelse af rødderne. Dette understreger desuden, at nedbøren - og måske især fordelingen af den - spiller en stor rolle, som sandsynligvis er i stand til at øge den negative effekt af lav drændybde.



Figur 3. Nedbør og grundvandsspejlsdybde i marts, april og maj 2015 i et plot med lav drændybde (Plot 6, 65 cm) og høj drændybde (Plot 2, 95 cm).

Som nævnt tidligere og illustreret ved kurven for Plot 6 i Figur 3 lå vandspejlet i plots med lav drændybde henover vinteren og i varierende omfang ind i vækstsæsonen ofte tæt på jordoverfladen, hvorfor det må forventes, at især vinterhvedens rødder var i vandmættet jord af flere omgange. Vårbyg, som her sået tidligt i april, oplevede antageligt mindre intensiv vandmætning af rodzonen, sammenlignet med vinterhveden i forsøgene. Det skal dog nævnes, at undersøgelser tyder på, at kimplanten hos kornafgrøder er det mest følsomme vækststadiet overfor vandmætning (Setters and Waters 2003), og højt grundvandsspejl i april kan derfor tænkes at have stor effekt på vårbyg også.

Når grundvandsspejlsniveauet stiger og falder markant, som det ses i plots med lav drændybde (Figur 3, plot 6), dannes der gunstige forhold for et øget kvælstoftab via denitrifikation. Dette skyldes, at der i perioderne med højt vandspejl dannes anaerobe forhold, hvorunder mikroorganismene, i stedet for ilt, reducerer nitraten i jorden til frit kvælstof (tabt) under mineraliseringen af organisk stof, og da de øverste jordlag er rige på organisk stof, forløber processen hurtigt. Når vandspejlet igen falder og ilten vender tilbage, oxideres reducerede kvælstofforbindelser til nitrat (nitrifikation), som kan reduceres under næste stigning af grundvandsspejlet (Setzinger et al. 2006). Da det jordvolumen, som skiftevis mættes og drænes for vand, er markant størst ved lav drændybde (jf. Figur 3), må man antage, at der her muligt mistes relativt mere kvælstof ved denitrifikation end ved høj drændybde. Tabene via denitrifikation kan dog ikke kvantificeres på baggrund af denne undersøgelse.

OPSUMMERING

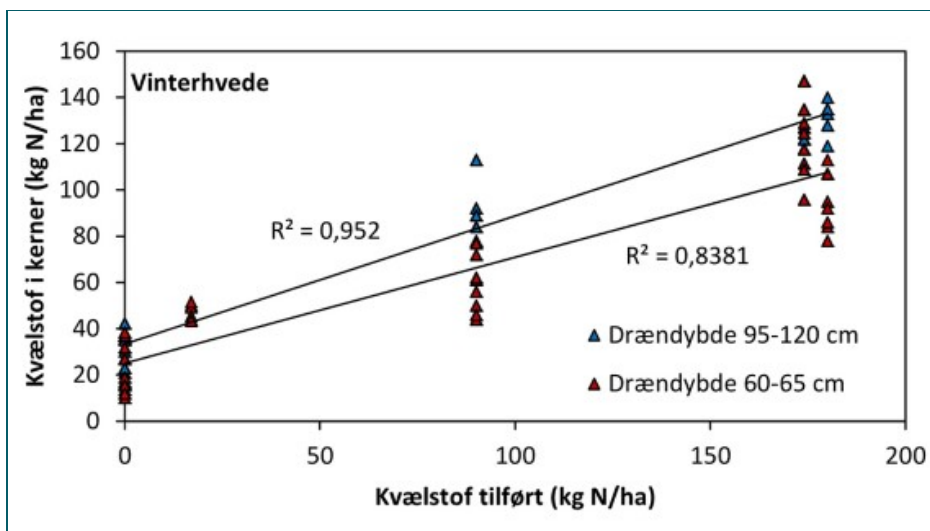
Med undtagelse af vinterhvede i 2012/2013, blev der ved kvælstoftilførsel efter norm i alle år fundet en klar udbytterespons af drændybden, hvor lav drændybde gav store udbyttetab ([se artikel med 6 års resultater](#)). Årsagen til det observerede udbyttetab skal sandsynligvis findes i en kombination af ovennævnte effekter af et højt vandspejl, en begrænsning af røddernes dybdeudvikling pga. højt grundvandsspejl, samt et øget tab af det tilførte kvælstof pga. øget udvaskning og/eller denitrifikation, som følge af det fluktuerende vandspejl tæt under terræn. Hvilken eller hvilke af disse effekter, der er årsag til det observerede udbyttetab kan ikke afgøres på baggrund af undersøgelse i denne forsøgsserie.

EFFEKT AF STIGENDE KVÆLSTOFTILFØRSEL

Dyrkningsforsøgene blev alle år, undtaget vårbyg 2012, tilført 3 niveauer af kvælstof (se Tabel 1) for at opnå viden om drændybdens effekt på afgrødens kvælstofrespons. Som det er opsummeret i tidligere rapporter, var der ved kvælstoftilførsel efter norm både et klart kerneudbytte- og kernekvælstoftab ved lav drændybde. Nedenfor gennemgås de opnåede resultater for kerneudbytte og kvælstofudbytte i kerner, primært for vinterhvede, da der for vårbyg kun blev tilført forskellige niveauer af kvælstof i 2015.

KVÆLSTOFUDBYTTE VS. KVÆLSTOFTILFØRSEL

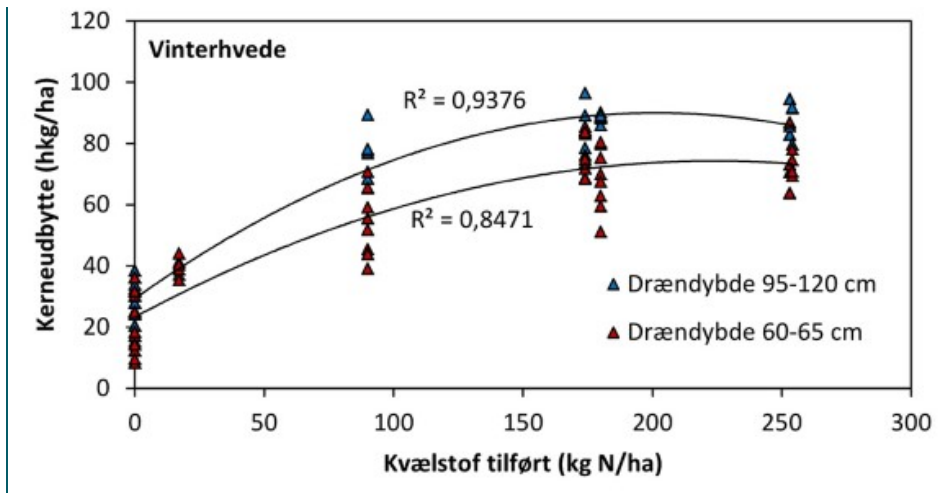
Ved stigende tilførsel af kvælstof til en kornafgrøde vil man forvente en nær lineær stigning i såvel kerneudbytte som kvælstofudbytte (kvælstof i kerner) op imod en kvælstoftilførsel (nær norm), hvor responset vil aftage og udbytterne ikke stige ved yderligere tilførsel (Knudsen et al. 2000). I Figur 4 nedenfor ses sammenhængen mellem kvælstofudbyttet i vinterhvede og den tilførte mængde kvælstof fra 0 kg N/ha og op til normen (174/180 kg N/ha), hvor resultaterne er grupperet efter høj og lav drændybde. For begge grupper er der som forventet en direkte sammenhæng mellem kvælstofudbyttet og den tilførte mængde kvælstof. Det er ved de indlagte tendenslinjer ligeledes tydeligt, at der ved alle niveauer af tilført kvælstof under norm var en ringere udnyttelse af det tilførte kvælstof på plots med lav drændybde. Resultaterne peger desuden på, at der ved lav drændybde skal en større og større mængde kvælstof til for at opnå samme udbytte som ved høj drændybde (linjerne bevæger sig bort fra hinanden), når man bevæger sig fra 0 kg N/ha mod norm-tilførsel.



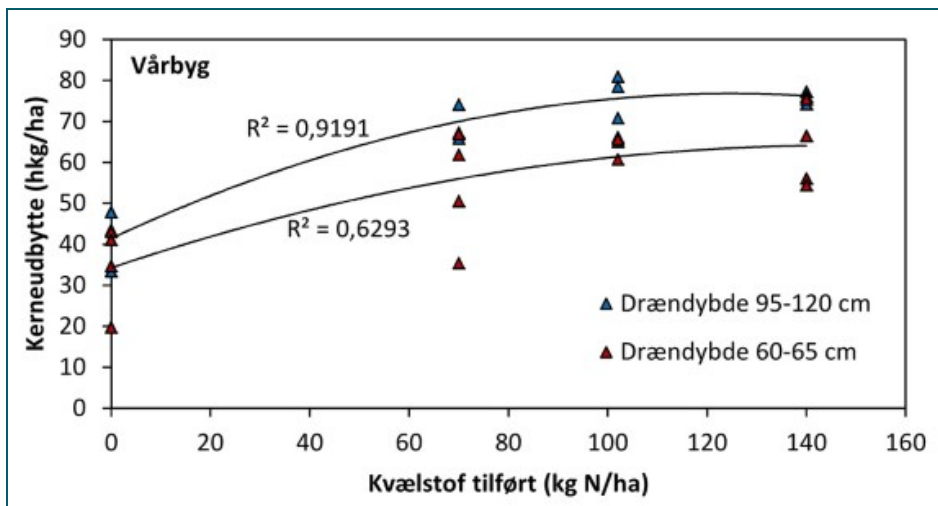
Figur 4. Kvælstofudbytte i vinterhvedekerner som funktion af den tilførte mængde kvælstof fra 0 kg N/ha til norm-niveau for alle plots alle år grupperet efter høj og lav drændybde.

KERNEUDBYTTE VS. KVÆLSTOFTILFØRSEL

De opnåede resultater for kerneudbytte ved forskellige niveauer af kvælstoftilførsel er afbilledet i Figur 5 og 6 for henholdsvis vinterhvede og vårbyg. Af begge figurer fremgår det, at der var et udbyttesubtab ved lav drændybde for alle niveauer af kvælstoftilførsel, samt at det maksimale kerneudbytte ved lav drændybde ser ud til at være lavere end ved høj drændybde - uanset mængden af tilført kvælstof. For både vårbyg og vinterhvede tyder tendenslinjernes forløb på, at den kvælstoftilførsel, som vil give det maksimale kerneudbytte er højere på jord med lav drændybde. Dette kan dog ikke afgøres på baggrund af Figur 5 og 6, da responset på tilført kvælstof svinger med vækstbetingelserne fra år til år og derfor skal beregnes på årsbasis.



Figur 5. Kerneudbytte af vinterhvede som funktion af den tilførte kvælstofmængde i alle plots alle år grupperet efter lav og høj drændybde.



Figur 6. Kerneudbytte af vårbyg som funktion af den tilførte kvælstofmængde i alle plots alle år grupperet efter lav og høj drændybde.

KVÆLSTOFTILFØRSEL FOR MAKSIMALT UDBYTTET

Den kvælstoftilførsel, som giver det maksimale kerneudbytte ved henholdsvis lav og høj drændybde, er beregnet på årsbasis for begge afgrøder og præsenteret i Tabel 2. Resultaterne viser markante forskelle imellem de enkelte år, hvilket gælder både i forhold til niveauet for kvælstoftilførsel, men også det indbyrdes forhold mellem den beregnede værdi for høj og lav drændybde. En del af variationen skal med stor sandsynlighed findes i det relativt lave antal årlige observationer og deraf følgende usikkerhed i beskrivelsen af kvælstofresponset på årsbasis. Den gennemsnitlige kvælstoftilførsel, som giver maksimalt kerneudbytte, fundet for vinterhvede ligger lidt under niveau for, hvad der normalt observeres for denne afgrøde (Knudsen et al. 2016).

Tabel 2. Kvælstoftilførsel givende maksimalt udbytte i vinterhvede og vårbyg beregnet per år.

	2012/2013	2013/2014	2015	2015/2016	2016/2017	Gns.
Drændybde	Vinterhvede	Vinterhvede	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
60-65 cm	190	206	174	264	163	206
95-120 cm	298	203	128	183	151	209

OPSUMMERING

De kontinuerte målinger af grundvandsspejlsdybden viste:

Grundvandsspejlet lå generelt højere i plots med lav drændybde

Grundvandsspejlets dybde var mere påvirket af nedbør i plots med lav drændybde

Der så ud til at være en kombineret effekt på udbyttet af vinterhvede af vandspejlsdybden og varigheden af vandspejlets placering i de øverste 50 cm af jorden i forårets vækstperiode.

Tilførsel af stigende kvælstofniveauer viste:

Der var udbyttetab af både kerner og kvælstof i kerner i både vårbyg og vinterhvede ved alle niveauer af kvælstoftilførsel ved lav drændybde

Det beregnede maksimale kerneudbytte (og kvælstofudbytte) var lavere ved lav drændybde

Den optimale kvælstoftilførsel til vinterhvede beregnet på årsbasis varierede markant mellem år og mellem høj og lav drændybde, mens den gennemsnitlige værdi lå på samme niveau ved høj og lav drændybde. På trods af det markant lavere udbytte ved lav drændybde ville det ikke i gennemsnit af årene være rentabelt at nedsætte kvælstofmængden.

REFERENCER

Knudsen, L., Østergaard, H.S. og Schultz, E. 2000. Kvælstof -et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets Rådgivningscenter.

Seitzinger, S., Harrison, J.A., Böhlke, J.L., Bouwman, A.F., Lowrance, R., Peterson, B., Tobias, C. og Van Drecht, G. 2006. Denitrification across landscapes and waterscapes - a synthesis. Ecological Applications 16, 2064-2090.

Setter, T.L. og Waters, I. 2003. Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. Plant and Soil 253, 1-34.

Thorup-Kristensen, K., Cortasa, M.S. og Loges, R. 2009. Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching losses? Plant Soil 322, 101-114.

